

Рис. 2. Зависимость содержания серы от времени термостатирования: а) без металлической стружки; б) при наличии металлической стружки

дыспаряются. Следовательно, основная масса легких углеводородов переходящая в газовую фазу удаляется из образца в течение 150 часов после чего мы наблюдаем пологую кривую на графике зависимости потери массы образца от времени термостатирования. При термостатировании образцов с металлической стружкой возможно образование легких углеводородов в результате деструкции молекул, что приводит к увеличению потери массы образца.

Увеличение содержания серы (рис. 2) в образцах связано с испарением части образцов с

течением времени. Изменения содержания общего количества серы для всех образцов (без стружки) не значительны, так как потеря массы в пределах 1%. При термостатировании образцов со стружкой испарение происходит более интенсивно, вследствие чего, содержание серы возрастает, нежели без стружки. Однако характер кривых не изменился.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что образец Garia оказался наиболее термически стабильным.

### Список литературы

1. Худобин Л.В. СОЖ при обработке резанием // Научные технологии размерной обработки в производстве деталей машин. – М., 1992. – С.23–25.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СХЕМ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ ПОТОКОВ

А.В. Вольф, А.Н. Сабиев

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Самборская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, awolf@tpu.ru

Повышение ресурсоэффективности химико-технологических процессов для разделения многокомпонентных смесей требует использования многоколонных ректификационных установок с интеграцией материальных и тепловых потоков [3]. Применение таких схем повышает энергоэффективность процесса, однако их промышленная реализация ограничена, поскольку интеграция потоков существенно усложняет управление [1].

Выявление сложностей в управлении и подбор оптимальных контуров управления на стадии проектирования требует анализа параметрической чувствительности (ПЧ) технологической схемы с использованием математического моделирования.

Целью работы был расчёт и анализ коэффициентов ПЧ схемы фракционирования нефти с полной интеграцией потоков, т.н. колонна Петлюка [4].

Технологическая схема установки, для которой авторами разработана математическая модель изображена на рис. 1.

Схема предназначена для разделения нефти на бензиновую, дизельную фракции и мазут. Нефть поступает в колонну К-1, где предварительно делится на 2 потока (жидкость из К-1 и пар из К-1), поступающих на различные тарелки колонны К-2. К-1 орошается жидкостью, отбираемой с верхних тарелок К-2, паровой поток в К-1 создаётся паром с нижних тарелок К-2. В К-2 происходит разделение входящих потоков на бензиновую, дизельную фракции и мазут. Орошение К-2 осуществляется бензиновой фракцией, паровой поток в К-2 создаётся горячей струей из части отбираемого мазута.

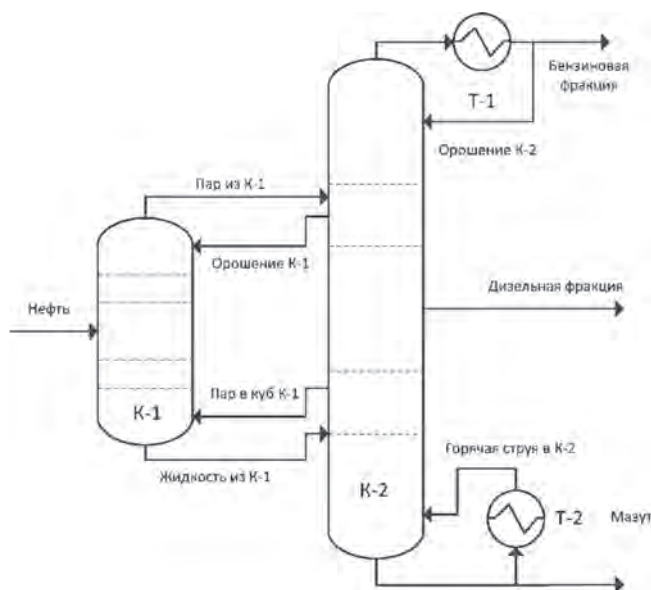
Методика заключается в расчёте нормированных коэффициентов чувствительности (КЧ) к варьируемому параметру, формировании зависимости данного КЧ от величины варьируемого параметра и анализа полученной зависимости.

Расчет нормированных КЧ выполняется на основе производной функций состояния [2]:

$$S_{E_i}^F = \frac{\partial F}{\partial E_i} \cdot \frac{E_i}{F}, \quad (1)$$

где  $S_i$  – коэффициент чувствительности элемента;  $F$  – функция состояния элемента (формируется в аналитическом виде на основе математической модели процесса);  $E_i$  – изменяемый параметр, чувствительность к которому представлена в данном КЧ.

Рассчитана параметрическая чувствитель-



**Рис. 1.** Колонна с полной интеграцией потоков

ность для следующих параметров: состав бензиновой фракции к расходу потока пара из К-1, состав потока мазута к расходу жидкости из К-1, состав потока дизельной фракции к расходу пара в секциях К-2 над и под тарелкой ввода жидкости из К-1, состав потока дизельной фракции к расходу жидкости в секциях К-2, расположенных над и под тарелкой ввода пара из К-1. Выполнен анализ полученных данных, выявлены области нежелательных значений параметров (которые могут привести к аварийным ситуациям), составлены рекомендации для формирования контуров управления.

Полученные результаты позволили выявить области изменения параметров, работа в которых потенциально опасна, определить оптимальные способы замыкания контуров управления.

## Список литературы

1. Самборская М.А., Вольф А.В., Грязнова И.А. и др. // *Фундаментальные исследования*, 2013.– №8.– Ч.3.– С.714–719.
2. Самборская М.А., Гусев В.П., Грязнова И.А., Вольф А.В. // *Научный вестник Новосибирского государственного технического университета / Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)*, 2015.– №2(59).– С.157–168.
3. Тимошенко А.В, Анохина Е.А., Рудаков Д.Г., Тимофеев В.С., Тациевская Г.И., Матюшенкова Ю.В. // *Теоретические основы химической технологии / Научный вестник Московского института тонкой химической технологии (МИТХТ)*, 2011.– Т.6.– №4.– С.28–39.
4. Rangaiah G.P., Ooi E.L., Premkumar R. // *Chemical product and process modeling*, 2009.– Vol.4.– Iss.1.– DOI: 10.2202/1934–2659.1265